

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-222253

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

G06F 1/26

G06F 1/32

G06F 1/04

G06F 15/02

(21)Application number : 09-024802

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 07.02.1997

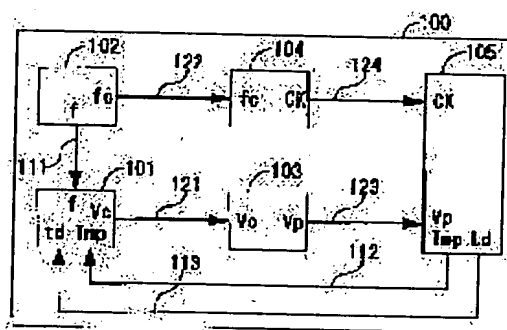
(72)Inventor : MARUYAMA TETSUYA
SAITO KENICHI

(54) INFORMATION PROCESSING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce power consumption and energy per processing amount by applying the minimum voltage needed to operate a circuit stably according to a operation cycle, temperature, and the result of comparison between the operation cycle and an operable speed.

SOLUTION: The minimum voltage needed for the stable operation of the circuit is applied according to the operation cycle, temperature, and the result of comparison between the operation cycle and operable speed. In this system, an operating voltage control means 101 adjusts the source voltage of the circuit 105 to the optimum value based upon the operation speed, temperature, etc., as an operation cycle control means 102 varies the operation cycle of the circuit 105 to cause operation cycle information 111 to vary, the temperature of the circuit 105 varies to cause temperature information 112 to vary, and the operable speed of the circuit 105 varies to cause stable operation speed information 113 to vary. Namely, the operating voltage control means 101 generates an operating voltage control signal by using the operation cycle information 111, temperature information 112, and stable operation speed information 113.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-222253

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 F 1/26

1/32

1/04

15/02

3 0 1

3 0 5

G 0 6 F 1/00

1/04

15/02

1/00

3 3 0 F

3 0 1 C

3 0 5 J

3 3 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-24802

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月7日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 丸山 徹也

神奈川県海老名市下今泉810番地 株式会
社日立製作所オフィスシステム事業部内

(72) 発明者 斎藤 賢一

神奈川県海老名市下今泉810番地 株式会
社日立製作所オフィスシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

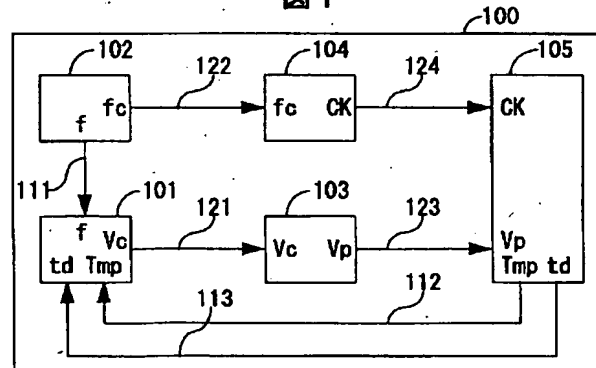
(54) 【発明の名称】 情報処理システム

(57) 【要約】

【課題】 携帯型情報処理装置などにおける、消費電力や処理量当たりのエネルギーを低減する。

【解決手段】 動作周期や、温度や、動作周期と動作可能速度との比較結果に応じて、回路を安定に動作させるのに必要な最小の電圧を与えることにより、消費電力や処理量当たりの必要なエネルギーの低減を行う。例えば回路に要求される処理量によって周波数を下げた時に、周波数を下げたことによる必要駆動能力の低下や、周波数を下げ消費電力が下がったこと等による温度の低下に合わせて、回路に供給する電源電圧を下げる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル回路および、前記デジタル回路に電力を供給する電源回路を含むシステムにおいて、前記デジタル回路の動作周期は可変であって、前記デジタル回路の温度により前記電源回路から前記デジタル回路への供給電圧が制御される情報処理システム。

【請求項2】 携帯型である請求項1の情報処理システム。

【請求項3】 デジタル回路および、前記デジタル回路に電力を供給する電源回路を含むシステムにおいて、前記デジタル回路の動作周期は可変であって、前記デジタル回路の動作可能速度により、前記電源回路から前記デジタル回路への供給電圧が制御される情報処理システム。

【請求項4】 携帯型である請求項3の情報処理システム *

$$P \approx C \times V \times V \times f \times k$$

C: 総配線容量+ゲートの総寄生容量

V: 電源電圧 f: 動作周波数

k: 回路の論理形式や回路の平均動作率などで決まる定数

$$E \approx P \times S \div f \div S$$

$$\approx C \times V \times V \times k$$

S: 処理量(処理に必要なステップ数に相当する)

となるため、必要とされる動作周波数fに合わせて供給クロックを変化させれば、消費電力Pが供給クロックに比例して低減され、必要とされる電源電圧Vに合わせて供給電圧を変化させれば、消費電力Pと処理量当たりのエネルギーEが供給電圧の二乗に比例して低減される。

【0006】 図9にMOSFETの電源電流特性を示し、図10に動作周波数と消費電力の関係を示し、図11に動作周波数と処理量当たりの必要なエネルギーの関係を示す。CMOS回路の電源電圧は、ほぼゲートソース間電圧901に相当する。ドレイン電流902は、CMOS回路の駆動力に相当し、動作周波数に比例する。ドレインソース間電圧-ドレイン電流特性911, 912, 913はそれぞれ、従来例および最大動作温度、平均的溫度、最低動作温度のドレインソース間電圧-ドレイン電流特性である。動作周波数1001は、CMOS回路の動作周波数である。電力1002は、CMOS回路の消費電力である。周波数-電力特性1011, 1012, 1013はそれぞれ、従来例および最大動作温度、平均的溫度、最低動作温度の、周波数-電力特性である。エネルギー1102は、CMOS回路の消費エネルギーである。周波数-エネルギー特性1111, 1112, 1113はそれぞれ、従来例および最大動作温度、平均的溫度、最低動作温度の、周波数-エネルギー特性である。

【0007】 CMOSの動作可能な最大周波数はその電源電圧におけるMOSFET単体の駆動電流にほぼ比例し、MOSFETの電源電流特性は図9のようになって

*ム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 低電力化が要求される電子回路分野、すなわち携帯型電子機器などに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から用いられている消費電力の低減方法は使用状況などにより、供給電圧と供給クロックの両方を、制御することで行われてきている。本技術は特開平5-11897に記載されている。これらの電力が低減される原理は以下の式で説明できる。

【0003】 代表的な論理回路方式であるCMOS回路の消費電力Pは以下の式で概算でき、

【0004】

【数1】

..... (数1)

※また、ある処理量当たりの必要なエネルギーEは以下の式で概算でき、

【0005】

※20 【数2】

..... (数2)

いる。図9より動作可能周波数(ほぼドレイン電流902に比例)と電源電圧(=ゲートソース間電圧901)の関係が分かるから、数1, 2より動作周波数に応じて電源電圧を変化させた場合の消費電力や処理量当たりの必要なエネルギーの関係は、図10, 11の周波数-電力特性1011 周波数-エネルギー特性1111に示すようになる。また、CMOS以外のBi CMOSやTTLやECLなど他の論理回路形式についても同様な傾向がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 情報処理機器に要求される処理速度や処理量は増大しており、低電力対策を行わなければ消費電力は益々増大して行く。特に携帯型の電子機器においては、消費電力の低減、バッテリーの小型化、バッテリー駆動時間の増大が要求されている。

【0009】 本発明はこのような要求に対するものであり、第一の目的は前記機器の低電力化である。第二の目的は処理量当たりの消費エネルギーの低減である。第三の目的は蓄積エネルギー量の残りが少ないバッテリーでも必要な処理量を処理することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】 動作周期、温度、動作周期と動作可能速度との比較結果に応じて、回路を安定に動作させるのに必要な最小の電圧を与えることにより、消費電力や処理量当たりの必要なエネルギーの低減を行う。例えば回路に要求される処理量によって周波数を下げた時に、周波数を下げたことによる必要駆動能力の低下や、周波数を下げ消費電力が下がったこと等による温度の低下に合わせて、回路に供給する電源電圧を下げ

る。

【0011】また回路に与える電圧は、動作周波数や温度毎に予め決めておくか、回路内の速度的にクリティカルな部分の動作時間と動作周期との比較によって制御を行う。

【0012】

【発明の実施の形態】図1を用いて本発明の第一の実施例を説明する。

【0013】システム100は、本発明の請求項1、請求項2のシステムの実施例である。回路105は、システム100で主たる電力を消費する回路であり、CPUやメインメモリーである。発信器104は、動作周期制御信号122に従い回路105へクロック信号124を供給する。動作周期制御手段102は、図4で実施例を後述するが、回路105の動作速度が最適になり無駄な電力消費が生じないように、回路105の使用状態（例えばキー入力が行われているか）や回路105のエネルギーの供給源の状態（例えば、商用電源かバッテリーか、バッテリーの残量が少なくないか）などによって、動作周期制御信号122を発生する。動作周期情報111は、回路105の動作周期が分かる情報であって、例えば回路105の動作周期そのものや動作周波数、分週率、通倍率などであっても良い。温度情報112は、回路105の温度情報である。安定動作速度情報113は、回路105の安定動作限界周期の予測情報である。電源装置103は、動作電圧制御信号121に従い回路105へ電源電力123を供給する。動作電圧制御手段101は、図2で実施例を後述するが、動作周期情報111、温度情報112、安定動作速度情報113を使って動作電圧制御信号121を発生するもので、回路105の動作電圧を制御できれば他の形式でもよく、後述する図3の形式であっても良い。

【0014】動作周期制御手段102、動作周期制御信号122、発信器104、クロック信号124は、回路105の動作速度を制御する目的のもので、回路105の動作速度を制御できれば他の形式でもよく、例えばメモリーにおけるアクセスストロブ信号のタイミング制御と信号供給や、内部クロックの分周率や通倍率の設定によるものでも良い。

【0015】動作周期情報111は、回路105の動作周期が分かる情報であれば何であってもよく、動作周期制御信号122あるいはクロック信号124と同一であっても良い。温度情報112は第一の実施例では回路105から供給されるようになっていたが、回路105の温度情報を得られるものならば何であってもよく、例えば回路105内のダイオード等温度変化に敏感なデバイスの温度特性や、回路105近傍の温度センサーから得ることができる。安定動作速度情報113は、回路105の安定動作限界周期を予測できるものであれば何であってもよく、例えば後述する図5の信号506や回路1

05内におかれた代表回路を模したリングオシレータの発信周波数から得ることもできる。また後述する第二の実施例のように、安定動作速度情報113は、温度情報112を兼ねていてもよく、動作周期情報111と安定動作速度情報113を速度マージン情報として1つに合わせいてもよい。

【0016】この様にして、動作周期制御手段102によって回路105の動作周期が変化し動作周期情報111が変化したり、回路105の消費電力や環境温度によって回路105の温度が変化し温度情報112が変化したり、回路105の温度や電源電圧によって回路105の動作可能速度が変化し安定動作速度情報113が変化することで、動作電圧制御手段101は、回路105の電源電圧を、動作速度、温度等に従った最適値に調節する。

【0017】また、電源電圧を変化させない回路と混在して使用する場合は、電源を別々に変化させる回路のグループが複数ある場合などの、論理電圧レベルが異なってしまう場合には、正側電源電圧と負側電源電圧の制御を同時に行い論理スレッシュホールドレベルをほぼ一体に保つことや、LSIの内部回路の電源電圧のみを変化させ入出力バッファ回路の電源電圧は一定に保つことで、論理電圧値の変化を対策することができる。

【0018】次に図2を用いて動作電圧制御手段101の具体的な実施例を説明をする。

【0019】アナログ増幅器211は、増幅率 A_f 倍のアナログ増幅器である。アナログ増幅器212は、増幅率 A_T 倍のアナログ増幅器である。アナログ増幅器213は、増幅率 A_t 倍のアナログ増幅器である。アナログ加算器214は、アナログ加算器である。

【0020】図2において、動作周期情報111、温度情報112、安定動作速度情報113はそれぞれ、回路105の動作周波数、回路105の温度、回路105の動作速度を示す値のアナログ信号である。図2の回路にて、回路105の動作周波数、回路105の温度、回路105の動作可能速度に従った値が演算され、動作電圧制御信号121になる。この例では、動作電圧制御信号121は、一次式で求めているが、乗算回路を用い二次以上の式で求めることや、クランプ回路等を用いて非線形演算で求めることや、ソフトウェアで更に複雑な演算を行い求めることもできる。

【0021】次に図3を用いて第一の実施例の動作電圧制御手段101に換わる動作電圧制御手段301の説明をする。

【0022】アナログ演算増幅器311は、遅延時間信号321、マージン信号322の和から動作周期信号323を減じた値を十分大きな増幅率で増幅するアナログ演算増幅器である。遅延時間信号321、マージン信号322は、安定動作速度情報113に換わるもので、回路105内の厳しいタイミングパスの遅延時間と必要な

10

20

30

40

50

タイミングマージンを示す信号である。マージン信号322は、通常一定の値であるが、動作周波数や温度に合わせて変化させることもできる。また遅延時間信号321は、回路105の温度の影響も受けて変化するので、温度情報112も含んでいる。動作周期信号323は、動作周期情報111に換わるもので、回路105の動作周期を示す信号である。

【0023】この様な動作電圧制御手段301を用いて電源装置103を制御すると、アナログ演算増幅器311の増幅率が十分大きい為に、遅延時間信号321、マージン信号322の和が動作周期信号323がほぼ等しくなるように負帰還がかかる。従って回路105の消費電力は、安定に動作するために必要最低限な量に低減することができる。

【0024】次に図4を用いて動作電圧制御手段102の具体的な実施例を説明する。

【0025】アナログ増幅器411は、増幅率Ab倍のアナログ増幅器である。アナログ増幅器412は、信号422と信号424の差分を増幅する増幅率Ak倍のアナログ増幅器である。アナログ増幅器413は、増幅率Ap倍のアナログ増幅器である。最小値回路414は、最も小さい入力値を出力する回路である。余算機415は、バッテリーを使いきることなく要求された処理を行えるように動作周期算出するために、信号421の値を信号423の値で割った値を出力する回路である。信号421は、バッテリー残量を示す信号である。信号422は、キー入力が行われていない時間を示す信号である。信号423は、オペレーティングシステム等から提供される、必要な処理量を示す信号である。信号424は、一定値である。

【0026】図4の回路にて、信号421、信号422、信号423に従った値が演算され、動作周期制御信号122になる。動作周期制御信号122は、ソフトウェアで更に複雑な演算を行い求めることもできる。

【0027】次に図5を用いて、動作電圧制御手段301を使った本発明の第2の実施例を説明する。

【0028】システム500は、本発明の請求項3、請求項4の実施例である。回路505は、図6で実施例を後述するが、動作電圧制御手段301を用いた場合の回路105に相当する回路である。信号506は回路505内にタイミングマージンの少ないパスがあれば1になり、回路505のタイミングマージンが十分にあれば0になる信号である。信号507は信号506のハイレベルとローレベルの電圧を、レベルコンバータ501によって一定にした信号である。参照信号503は、信号508のハイレベルとローレベルのほぼ中間のレベルを示す信号である。位相補償回路502は、抵抗とコンデンサーによる積分回路である。位相補償回路502は、その低周波通過特性により信号507をアナログの信号508に変化し、更に動作電圧制御手段301、電源装置

103、回路505による負帰還の位相余裕を補償し発信を防止する。アナログ演算増幅器504は、信号507と参照信号503の差分を十分大きな増幅率で増幅するアナログ演算増幅器である。

【0029】信号506は、回路505のタイミングマージンを示す信号であって、回路505の動作周期と回路505の動作速度の差分を示し、回路505の動作速度は温度によっても変化するので、動作周期情報111、温度情報112、安定動作速度情報113を含んでいる。

【0030】動作電圧制御手段301は、タイミング制度の要求される速度比較を回路505内で行う為に、回路505の一部(アナログ演算増幅器311の入力部に相当)と、回路505の外部のレベルコンバータ501、位相補償回路502、アナログ演算増幅器504(アナログ演算増幅器311の出力部に相当)に分割して構成されている。

【0031】回路505のタイミングマージンが不足であれば、信号506、信号507は論理レベルが1である時間が長くなり、信号508、信号121は徐々に高い電圧になり、回路505の動作電圧も徐々に高くなる。回路505のタイミングマージンに余裕があれば、前記動作の逆の動きにより、回路505の動作電圧は徐々に低くなる。増幅率は十分に大きいアナログ演算増幅器504は、信号508が参照信号503とほぼ等しくなるように動作電圧制御信号121を調整する。このことは回路505に安定に動作するのに最低限必要な電源電圧を供給することに相当する。

【0032】また動作周期制御信号122の変化に対し回路505の電源電圧制御が追従できるように、動作周期制御信号122の変化は位相補償回路502時定数よりもゆっくり変化させるか、動作周期制御信号122の変化前には、回路505を安定に動作させるのに十分な電圧が与えられるように信号508の電圧をプリチャージ回路によって適切な電圧に高めておくことができる。

【0033】次に図6を用いて回路505の詳細な実施例を説明をする。

【0034】入力信号601は、回路505の一般入力信号である。出力信号604は、回路505の一般出力信号である。一般論理回路603は、フリップフロップ回路602、フリップフロップ回路605で区切られた、パイプライン処理の1段分に相当するような1クロック周期分で動作可能な回路でメモリー回路を含んでも良い。フリップフロップ回路602は、データ入力端子D、クロック入力端子G、保持データ出力端子Qをもつスルー型フリップフロップ回路で、入力端子Gの論理レベルが1の時には入力端子Dのデータをそのまま出力端子Qに出力し、入力端子Gの論理レベルが0の時には入力端子Gの論理レベルが1から0に切り替わり時に保持した入力端子Dのデータを出力端子Qに出力する。

信号611は、一般論理回路603の内でクリティカルなパスの出力信号である。信号612は、信号611のタイミングマージンが十分かどうかを示す信号である。フリップフロップ回路605は、図7、図8で詳細な実施例と動作例を後述するが、フリップフロップ回路602と同じ機能のデータ入力端子D、クロック入力端子G、保持データ出力端子Qを持ち、更にクロック信号124を入力するG0端子、信号612を出力する端子Eをもつ、タイミングマージン不足検出用のフリップフロップ回路であり、クリティカルパスの出力に用いられる。クロック信号607は、クロック信号124を遅延回路606にてタイミングが遅らされたクロック信号である。論理和回路613は、一つ以上の信号612を入力し、論理和を信号506として出力する。

【0035】図3に示す手段301の入力部は、回路505の一部と次のような対応がとれる。遅延時間信号321は信号611のタイミングに相当し、マージン信号321は遅延回路606の遅延時間に相当し、動作周期信号322はクロック信号607のタイミングに相当し、アナログ演算増幅器311の入力部はフリップフロップ回路605に相当している（クロック信号607より遅延回路606の遅延時間だけ早いクロック信号124のタイミングと、信号611のタイミングの比較が行われている）。

【0036】クリティカルパスの出力信号611は、フリップフロップ回路605で受けられ、タイミングマージンが不足していれば、信号612の論理レベルを1にする。これら複数の信号612の論理和が信号506になる。従って、信号506は回路505のクリティカルパスにタイミングマージンの不足した信号が一つでもあれば論理値が1になり、回路505の全てのクリティカルパスにタイミングマージンが十分あれば論理値が0になる。

【0037】次に図7、図8を用いてフリップフロップ回路605の詳細な実施例と動作例を説明をする。

【0038】フリップフロップ回路701、703～704は、使われ方が異なる以外は、フリップフロップ回路602と同一である。フリップフロップ回路701は、排他的論理和回路705と組み合わされて、クロック信号607の各サイクル毎に、信号611のタイミングマージンが十分かどうかを示す信号715を発生する為の回路である。フリップフロップ回路703は、排他的論理和回路706と組み合わされて、信号611の変化を示す信号716を発生する為の回路である。フリップフロップ回路704は、信号612を出力する為の回路である。信号711、712、713は、それぞれフリップフロップ回路701、602、703の出力信号である。

【0039】図8はフリップフロップ回路605の動作波形の例である。タイミングマージン801は、一般論

理回路603、フリップフロップ回路602、フリップフロップ回路605等の、クロック信号124による1サイクル当たりの動作時間に必要なタイミングマージンで、遅延回路606の遅延時間に相当する。点802は、信号611のタイミングマージンが十分でない切り替わり点である。点803は、信号611のタイミングマージン不足を、信号715が指摘している点である。点804は、信号611の切り替わり時に、信号715に発生する意味を持たない点である。点805は、信号611の切り替わりを、信号716が指摘している点。点806は、信号611の切り替わりマージン不足を検出してから、信号611の切り替わりマージンに余裕があることを検出するまでの間で、信号612がマージンが不足していることを指摘している点である。サイクル811は、回路505の連続的なサイクルの内の一部を切り取った第i番目の動作サイクルである。

【0040】まず信号611がそれぞれのサイクル811～814に対してどうあるべきかを述べる。サイクル811において点802で切り替わる信号611は、クロック信号607に対しては若干の余裕があるものの、これよりもタイミングマージン801だけ早いクロック信号124に対しては全く余裕がなく、サイクル811はタイミングマージンが不足しているサイクルであり、信号612の論理レベルは1にすべきである。サイクル813において信号611は、クロック信号124、クロック信号607よりも早く切り替わっており、サイクル813はタイミングマージンが十分なサイクルであり、信号612の論理レベルは0にすべきである。サイクル812、サイクル814において信号611は、変化していないため、サイクル812、サイクル814のタイミングマージンは十分であるか否か判断できないので、信号612の論理レベルは前の状態を保つのがよい。

【0041】以上のようにあるべき信号612を、次のようにして発生している。まずサイクル811では、フリップフロップ回路701でデータの取りこぼしが発生し、この直後にフリップフロップ回路702が保持するデータとの間で差が生じる。この為これらの排他的論理和の信号715の論理レベルは点803で1になり、サイクル811の次のサイクル812にて、マージン不足を示すことができる。しかし信号715をそのまま出力すると、以下の二つの問題が生じる。

【0042】第一の問題は、信号611が変化しないサイクル812、814にて、フリップフロップ回路701にてデータの取りこぼしが発生しないために、信号612の論理レベルは0になってしまう。

【0043】第二の問題は、十分なタイミングマージンで信号611が切り替わるサイクル813では、変化した信号611を、フリップフロップ回路701がクロック信号124で保持してから、フリップフロップ回路602がクロック信号607で保持するまでの間、これらフ

10

20

30

40

50

リップフロップ回路701, 602の出力信号の排他的論理和の信号715の論理レベルは点804で1になってしまう。

【0044】これら二つの問題の対策のために、信号715を、信号716にて保持する、スルー型のフリップフロップ回路704を用いる。信号716は、信号712, 713の排他的論理和であり、信号712は信号611をクロック信号607で保持した信号であり、信号713は信号712をクロック信号124で保持した信号である。従って信号716は、信号611が変化したサイクルの次のサイクルの開始からクロック信号124の論理レベルが1になるまでの間で、論理レベルが1になり、クロック信号124の論理レベルが1になってからクロック信号607の論理レベルが1になるまでの間と、信号611が変化しなかったサイクルの次のサイクルでは論理値が0になる。このような信号716にて、信号715を保持すれば、第一の問題であったサイクル812, 814では、フリップフロップ回路704は保持状態であるの前の状態を保つことができ、第二の問題であったサイクル813でも信号715の論理レベルが1

10

になってしまう点804でフリップフロップ回路704は保持状態にあるので、信号715がどんなレベルであっても信号612には影響しない。

【0045】

以上によって、タイミングマージンの不足が検出された次のサイクル812から、十分なタイミングマージンが検出されるサイクル813までの間で、論理レベル1を示す信号612を出力することができる。

【0046】

【発明の効果】本発明の第一の効果は、第一の実施例のように温度応じて回路の電源電圧を最適化することや、第二の実施例のように回路のタイミングマージンを見ながら回路の電源電圧を最適化することで、温度等に応じて回路の消費電力が低減する。回路の発熱量が減少すると温度は更に下がり、図10に示すように少ない電圧でも高い動作可能周波数を得られるため、更に電源電圧を下げることで、低電力効果が増大されることにある。

20

【0047】第二の効果は、要求される処理速度により、回路の動作周期や電源電圧や発熱量を下げ、図11にも示すように効果的に処理量当たりの消費エネルギーを低減することが出来る。

40

【0048】第三の効果は、バッテリーの蓄積エネルギーの残りが少なく大きな処理量が要求される時でも、処理速度を下げ効果的に処理量当たりの消費エネルギーを低減することで、要求される処理量を処理できることである。

【図面の簡単な説明】

【図1】動作電圧制御手段101を用いた請求項1, 請求項2の実施例の図である。

【図2】動作電圧制御手段101の実施例の図である。

50

【図3】動作電圧制御手段101に換わる動作電圧制御手段301の実施例の図である。

【図4】動作電圧制御手段102の実施例の図である。

【図5】動作電圧制御手段301を用いた請求項3, 請求項4の実施例の図である。

【図6】図5における回路505の実施例の図である。

【図7】図6におけるフリップフロップ回路605の実施例の図である。

【図8】フリップフロップ回路605の動作波形例の図である。

【図9】MOSFETの電源電流特性図である。

【図10】動作周波数と消費電力の関係図である。

【図11】動作周波数と処理量当たりの必要なエネルギーの関係図である。

【符号の説明】

100…システム、101…動作電圧制御手段、102…動作周期制御手段、103…電源装置、104…発信器、105…回路、111…動作周期情報、112…温度情報、113…安定動作速度情報、121…動作電圧制御信号、122…動作周期制御信号、123…電源電力、124…クロック信号、211…アナログ増幅器、214…アナログ加算器、301…動作電圧制御手段、311…アナログ演算増幅器、321…遅延時間信号、322…マージン信号、323…動作周期信号、411…アナログ増幅器、414…最小値回路、415…余算回路、421…信号(バッテリー残量)、422…信号(キー入力が行われていない時間)、423…信号(処理量)、500…システム、501…レベルコンバータ、502…位相補償回路、503…参照信号(中間のレベル)、504…アナログ演算増幅器、505…回路、506…信号(マージン状態)、507…信号(信号506のレベルを一定化)、508…アナログの信号、601…入力信号、602…フリップフロップ回路、603…一般論理回路、604…出力信号、605…フリップフロップ回路(マージン不足検出用)、606…遅延回路、607…クロック信号(遅延クロック)、611…信号(クリティカルパスの出力)、612…信号(信号611のマージン)、613…論理和回路、701、703…フリップフロップ回路、705、706…排他的論理和回路、711…713、715、716…信号、801…タイミングマージン、802…点(マージン不足発生)、803…点(マージン不足検出)、804…点(疑似信号)、805…点(信号611の切り替わり検出)、806…点(マージン不足指摘)、811…サイクル(マージン不足)、812…サイクル(信号611変化無し)、813…サイクル(マージン十分)、814…サイクル(信号611変化無し)、901…ゲートソース間電圧、902…ドレイ

11

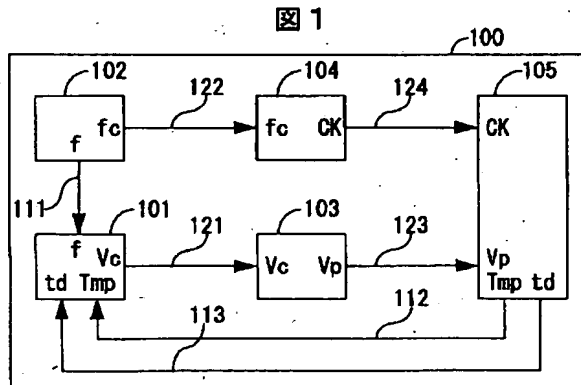
ン電流、911…ドレインソース間電圧-ドレイン電流特性(従来例および最大動作温度)、912…ドレインソース間電圧-ドレイン電流特性(平均的温度)、913…ドレインソース間電圧-ドレイン電流特性(最低動作温度)、1001…動作周波数、

1002…電力、1011…周波数-電力特性(従来例および最大動作温度)、1012…周波数-電

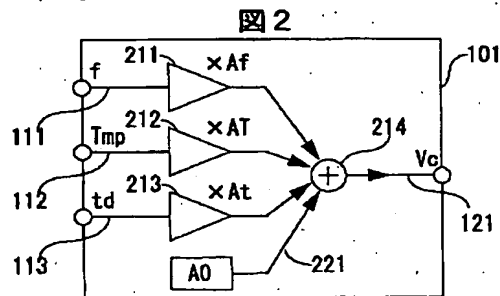
12

力特性(平均的温度)、1013…周波数-電力特性(最低動作温度)、1102…エネルギー、1111…周波数-エネルギー特性(従来例および最大動作温度)、1112…周波数-エネルギー特性(平均的温度)、1113…周波数-エネルギー特性(最低動作温度)。

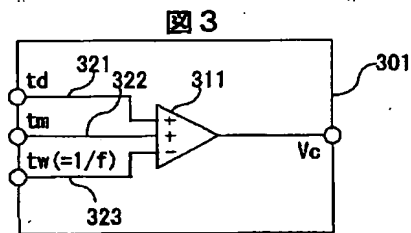
【図1】



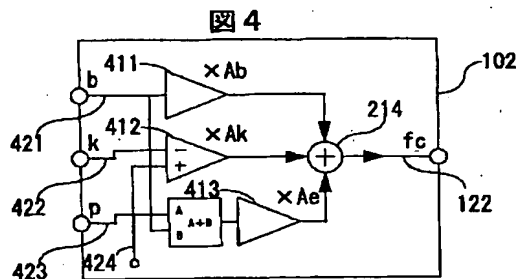
【図2】



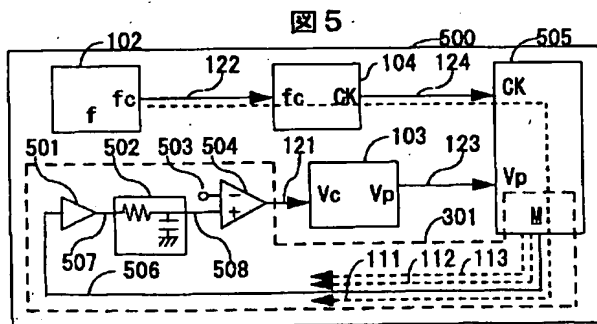
【図3】



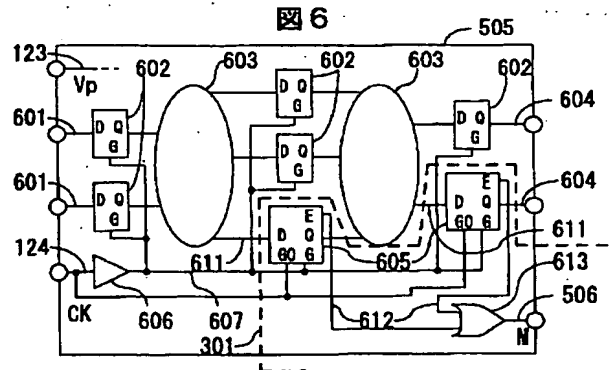
【図4】



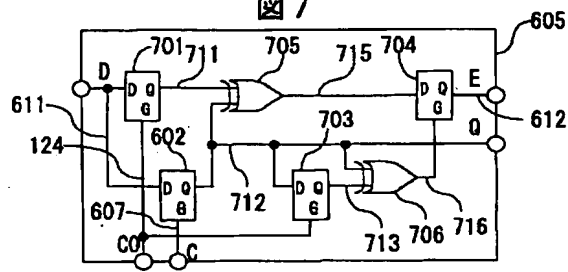
【図5】



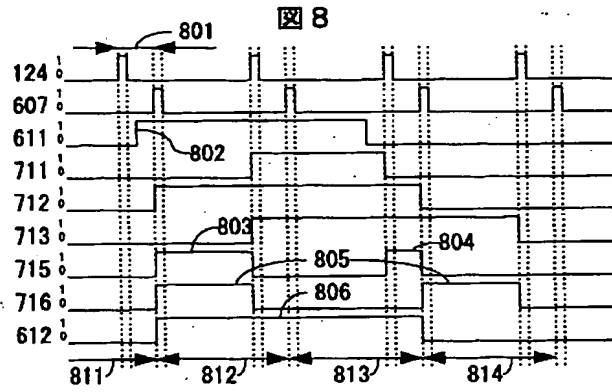
【図6】



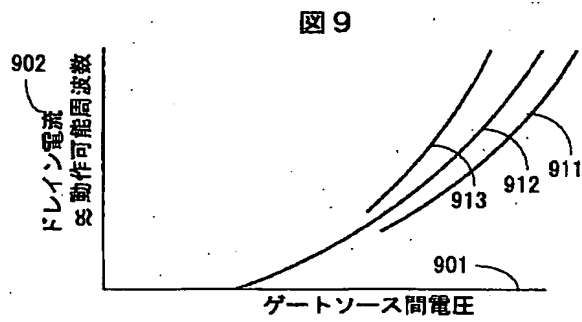
【 図7 】



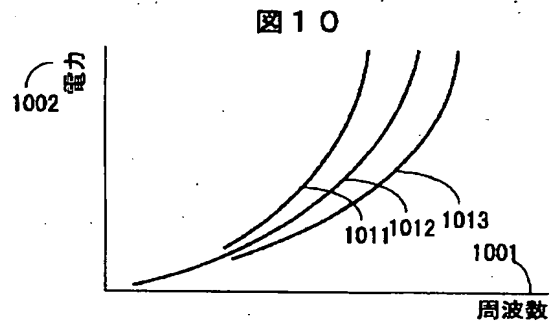
【 図8 】



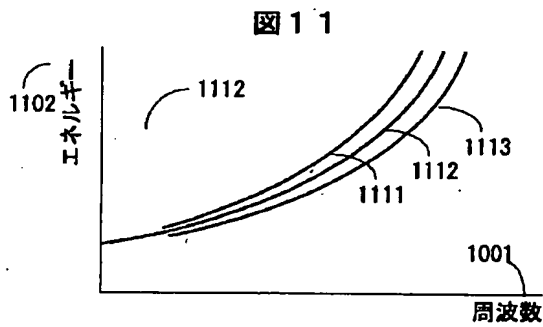
【 図9 】



【 図10 】



【 図11 】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.